

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА**

Методичні вказівки  
до виконання розрахунково-графічних робіт  
з дисципліни

**ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ**

*(для студентів 1 курсу денної форми навчання напрямку підготовки  
6.060101 «Будівництво» спеціальності «Теплогазопостачання і вентиляція»)*

**Харків**  
**ХНУМГ**  
**2013**

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт з дисципліни «ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ» (для студентів 1 курсу денної форми навчання напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» спеціальності «Теплогазопостачання і вентиляція») / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: Д. В. Шаульський. – Х. : ХНУМГ, 2013. – 32 с.

Укладач: Д. В. Шаульський

Рецензент: к.т.н., доц. І. М. Патракеєв

*Затверджено на засіданні кафедри геоінформаційних систем, оцінки землі та нерухомого майна, протокол № 1 від 27.08.2013 р.*

## ЗМІСТ

Передмова.....	4
1. Розрахунково-графічна робота №1. Розв’язання задач на топографічному плані.....	5
1.1 Визначення довжин ліній згідно з масштабом.....	5
1.1.1 Вимірювання довжини лінії між двома точками.....	5
1.1.2 Побудова відрізка заданої довжини у вказаному масштабі...	8
1.2 Визначення координат точок.....	9
1.3 Визначення дирекційних кутів заданих напрямів.....	11
1.3.1 Вимірювання дирекційного кута напрямку лінії.....	11
1.3.2 Обернена геодезична задача.....	12
1.4 Розв’язання задач за горизонталями.....	14
1.4.1 Визначення абсолютних висот точок.....	14
1.4.2 Визначення перевищень між точками.....	15
1.4.3 Визначення ухилів та кутів нахилу лінії.....	15
1.4.4 Побудова профілю земної поверхні за горизонталями.....	16
Контрольні питання.....	18
Зміст звіту з розрахунково-графічної роботи.....	18
2. Розрахунково-графічна робота №2. Побудова поздовжнього профілю газопроводу.....	19
2.1 Математичне опрацювання результатів геометричного нівелювання по трасі газопроводу.....	20
2.2 Побудова профілю земної поверхні за результатами геометричного нівелювання.....	24
2.3 Геодезичне проектування поздовжнього профілю газопроводу.....	26
Зміст звіту з розрахунково-графічної роботи.....	29
Контрольні питання.....	29
Список джерел.....	30
Додаток А Поздовжній профіль газопроводу.....	31

## ПЕРЕДМОВА

Ці методичні вказівки призначені для полегшення засвоєння дисципліни «Інженерна геодезія» і контролю знань студентів. Вони визначають склад, зміст, послідовність і способи виконання розрахунково-графічних робіт, передбачених робочою програмою дисципліни «Інженерна геодезія».

Плани, карти і профілі являють собою топографічну основу, на якій інженеру доводиться вирішувати цілу низку практичних задач, пов'язаних з розробкою проектно-технічної документації окремих споруд і будівельних комплексів, реалізацією проектів, експлуатацією і реконструкцією інженерних споруд. Тому робочою програмою передбачено виконання двох розрахунково-графічних робіт:

- 1) розв'язання задач на топографічному плані;
- 2) побудова поздовжнього профілю газопроводу.

Перед виконанням розрахунково-графічних робіт бажано (але не обов'язково) ознайомитися з теоретичним матеріалом з літератури, що зазначена в посиланнях на джерела, з конспекту лекцій та з інших джерел, наприклад, мережі Інтернет.

Розрахунково-графічні роботи студенти виконують самостійно. Завдання слід виконувати поетапно, консультуючись з викладачем. Після перевірки звітних матеріалів з розрахунково-графічних робіт викладачем та виправлення вказаних недоліків, розрахунково-графічні роботи необхідно оформити з дотриманням вимог, приведених в цих методичних вказівках.

Оформлені роботи захищаються студентом і заліковуються викладачем. Під час захисту розрахунково-графічних робіт студент повинен позитивно відповісти на запитання, основні з яких приведені в кінці відповідного розділу цих вказівок.

## **1. РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА №1. РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ НА ТОПОГРАФІЧНОМУ ПЛАНІ**

**Мета роботи:** навчитись отримувати геопросторову інформацію необхідної точності з топографічних планів; закріпити та поглибити теоретичні знання, отриманні під час вивчення курсу.

**Вихідні дані:** 1) копія топографічного плану в масштабі 1:2000 з нанесеними на ній червоним кольором чотирма точками. 2) бланк з поставленими конкретними завданнями (задачами). 3) номер варіанта (N), заданий викладачем.

**Склад роботи:** визначення довжин ліній згідно з масштабом; визначення координат точок; визначення дирекційного кута напряму лінії; розв'язання задач за горизонталями.

**Прилади та приладдя:** креслярська лінійка, гостро заточений твердий олівець, гумка, чорна ручка, циркуль-вимірник, геодезичний транспортир, інженерний мікрокалькулятор.

**Вимоги до оформлення розрахунково-графічної роботи.** Вимірювання на плані повинні виконуватись старанно і акуратно. Результати вимірів та розрахунків заносяться до відповідних таблиць бланку із завданням. Записи слід робити акуратно, стандартним шрифтом, спочатку олівцем, а після їх перевірки викладачем – чорною ручкою.

При оформленні звіту на плані і профілі лінії проводять товщиною 0.2 – 0.3 мм. Звітний матеріал, складений за індивідуальним завданням, зараховується, якщо в ньому виконані 100% завдань і студент позитивно відповів на запитання, основні з яких приведені в кінці розділу.

Правильність розв'язання задач, старанність при оформленні звіту, акуратність графічних побудов, і повнота відповідей на запитання позитивно впливають в кінцевому рахунку на кількість балів, які отримує студент за виконання розрахунково-графічної роботи.

### **1.1 Визначення довжин ліній згідно з масштабом 1.1.1 Вимірювання довжини лінії між двома точками**

**Завдання:** визначити точність масштабу плану і виміряти на ньому довжини трьох ліній (див. бланк). Потім, знаючи масштаб плану, перевести довжину лінії  $d$ , виміряну на плані, в горизонтальне прокладення (проекцію)  $D$  цієї ж лінії на місцевості.

Результати вимірів та розрахунків заносять до табл. 1. В колонку (1) записують масштаб плану, тобто – 1:2000. В колонці (2) вказують точність масштабу. *Точністю масштабу* називають величину відрізка на місцевості, яка дорівнює 0.1 мм на плані або карті. Для масштабу 1:2000 ця величина становить 0.2 м.

В колонках (3) і (4) вказують назву відповідно початкової і кінцевої точок вимірюваної лінії.

Таблиця 1 – Результати вимірювання довжин ліній

Масштаб плану	Точність масштабу, м	Початкова точка лінії	Кінцева точка лінії	Довжина лінії на місцевості, м
1	2	3	4	5
1:2000	0.2	A	B	175.6
1:2000	0.2	B	C	101.4
1:2000	0.2	D	A	208.8

Для вимірювання довжини лінії на плані використовують чисельний і поперечний масштаби.

Чисельний масштаб виражають у вигляді простого дробу  $1:M$ , де число  $M$  показує у скільки разів зменшені лінії місцевості або розміри предметів при їх зображенні на плані. Чисельний масштаб 1:2000 вказує на те, що одному міліметру на плані відповідає 2000 міліметрів (або 2 метри) на місцевості.

Довжини ліній на плані вимірюють за допомогою лінійок. Шукане горизонтальне прокладення  $D$  обчислюють як добуток довжини відрізка  $d$ , виміряного на плані, й знаменника масштабу  $M$ .

$$D = d \cdot M. \quad (1)$$

Наприклад, на плані масштабу 1:2000 накреслена пряма лінія між точками  $A$  і  $B$ , довжина якої виміряна лінійкою і складає  $d = 87.5$  мм (рис. 1). Тоді довжина лінії  $AB$  на місцевості, відповідно до формули (1) буде дорівнювати

$$D_{AB} = 87.5 \cdot 2000 = 175000 \text{ мм} = 175 \text{ м}.$$

Точність визначення довжини лінії місцевості за допомогою чисельного масштабу та лінійки – невисока і дорівнює половині мінімальної поділки лінійки, тобто 0.5 мм. Для масштабу плану 1:2000 похибка виміру довжини лінії складає  $\pm 1$  м.

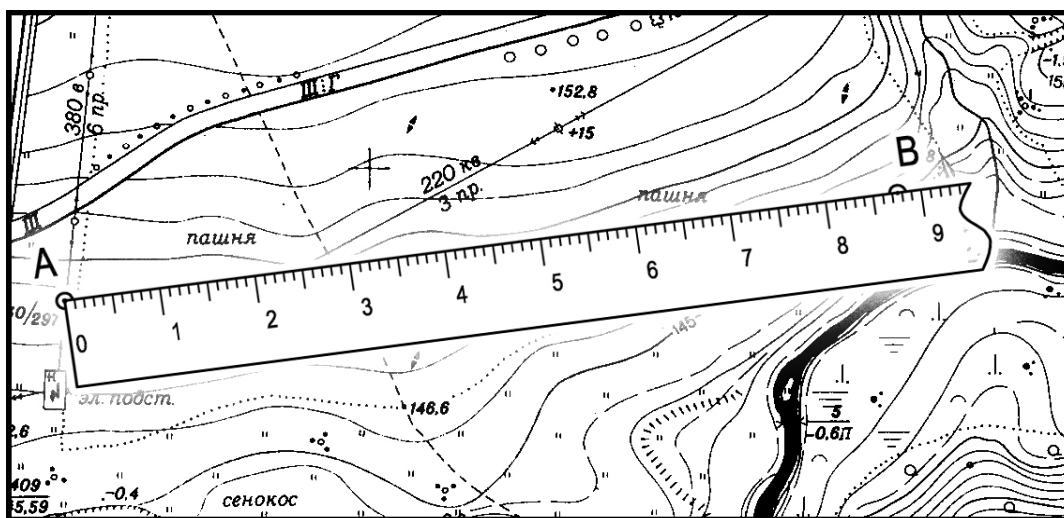


Рис. 1 – Визначення довжини лінії  $AB$  на плані за допомогою лінійки та чисельного масштабу

Найбільш точно довжину лінії між точками на плані можна виміряти за допомогою масштабної лінійки (металева пластина), на яку наносять *поперечний масштаб* (рис. 2). Для масштабу 1:2000 основа поперечного масштабу (2 см) буде дорівнювати 40 м. Одна десята частина основи дорівнює 4 м, одна сота частина основи – 0.4 м. Тобто, в даному випадку, практична точність поперечного масштабу становить  $\pm 0.4$  м.

Взявши в розхил циркуля-вимірника відстань між точками *A* і *B*, прикладають циркуль-вимірник до поперечного масштабу, суміщають праву ніжку з одним з перпендикулярів (праворуч від нуля). Переміщують циркуль-вимірник уверх доти, доки ліва ніжка не співпаде з однією з похилих ліній лівої основи. При цьому голки обох ніжок циркуля повинні знаходитись на одній горизонтальній лінії (рис. 2).

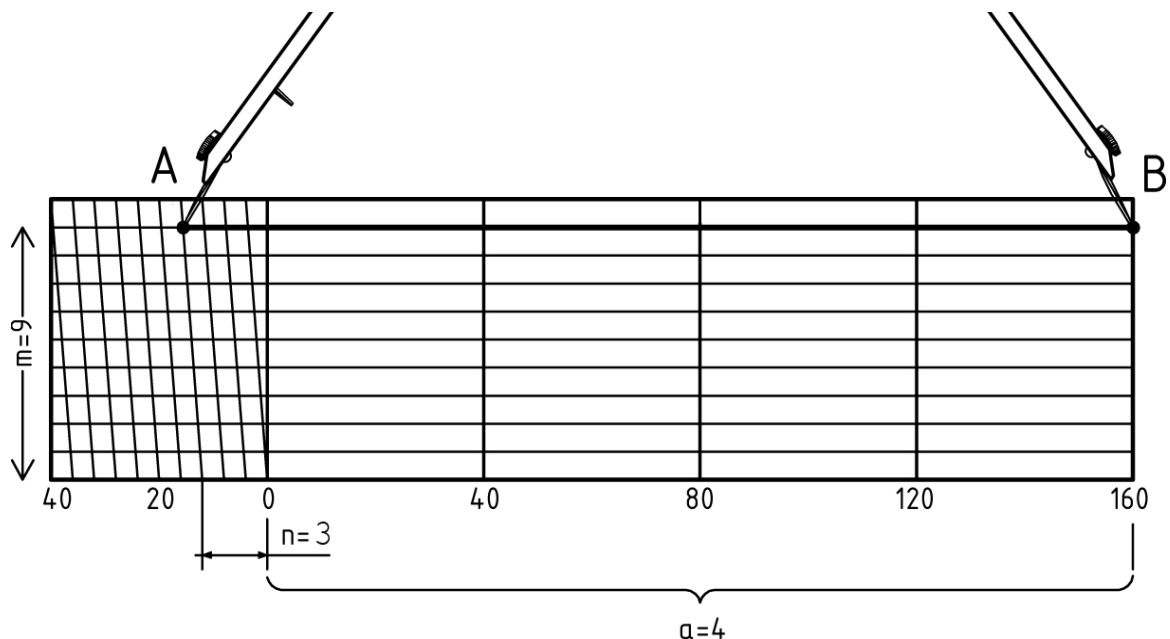


Рис. 2 – Визначення довжини лінії *AB* за допомогою поперечного масштабу

В такому випадку довжина лінії *AB* складатиме суму відрізків, які дорівнюють:

числу цілих основ (*a*)  $4 \cdot 40 = 160$  м;

числу десятих частин основи (*n*)  $3 \cdot 4 = 12$  м;

числу сотих частин основи (*m*)  $9 \cdot 0.4 = 3.6$  м.

Тобто

$$D_{AB} = 160\text{м} + 12\text{м} + 3.6\text{м} = 175.6\text{м}.$$

Якщо довжина лінії більше від довжини поперечного масштабу, то вимірювання її довжини виконують частинами.

В даній роботі кожну з трьох ліній необхідно виміряти двічі – спочатку за допомогою звичайної, а потім масштабної лінійки. За остаточний – слід прийняти другий результат, а перший використати як контрольний, для виявлення грубих похибок.

На точність вимірювань відстаней впливають можливі деформації паперу, тому план слід розміщувати на рівній твердій поверхні.

### 1.1.2 Побудова відрізка заданої довжини у вказаному масштабі

**Завдання:** визначити, чому будуть дорівнювати довжини відрізків на планах масштабів 1:1000, 1:5000, 1:2000, якщо відомі відповідні ним горизонтальні прокладення на місцевості. Побудувати ці відрізки за допомогою поперечного масштабу.

Довжини ліній на місцевості (горизонтальні прокладення) обчислюють за приведеними в табл. 3 формулами (колонка №4), в яких  $N$  – номер варіанта. В колонці (2) вказують точність масштабу. Побудову відрізків виконують в колонці (3).

Для побудови відрізків використовують поперечний масштаб, як більш точний. Спочатку обчислюють необхідну кількість основ ( $a$ ), десятих частин основ ( $n$ ) і сотих частин основ ( $m$ ) для розхилу ніжок циркуля-вимірника на шукану величину. Розхил ніжок, виражений в сумарній кількості основ масштабу, дорівнює

$$Q = \frac{D}{a}, \quad (2)$$

де  $a$  – основа поперечного масштабу в метрах, що відповідає заданому масштабу плану (табл. 2);

$D$  – горизонтальне прокладення лінії.

Таблиця 2 – Значення поділок масштабної лінійки для різних масштабів плану

Поділка, мм	Відстань на місцевості, м		
	1:1000	1:5000	1:2000
$a = 20$	20	100	40
$n = a/10 = 2$	2	10	4
$m = a/100 = 0.2$	0,2	1	0.4

Якщо на плані масштабу 1:5000 необхідно побудувати відрізок лінії АВ, який відповідає горизонтальному прокладенню  $D_{AB}=167.6$  м, то, використовуючи для розрахунків мікрокалькулятор, за формулою (2) отримаємо

$$Q = \frac{167.6}{100} \approx 1.68.$$

Це означає, що для побудови відрізка лінії АВ, в розхил вимірника необхідно помістити 1 основу ( $1 \cdot a$ ), 6 десятих частин основи ( $6 \cdot n$ ) і 8 сотих частин основи ( $8 \cdot m$ ). Потім голками ніжок циркуля-вимірника роблять наколи в колонці №3 табл. 3, і з'єднують їх олівцем під лінійку.

Для виявлення грубих похибок необхідно виміряти довжину побудованого відрізка звичайною лінійкою, та порівняти її з розрахованою за формулою

$$d = \frac{D}{M}, \quad (3)$$



де  $d$  – довжина відрізка лінії на плані (мм);

$D$  – горизонтальне прокладення лінії на місцевості (мм).

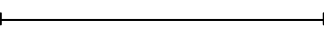
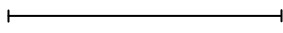
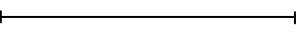
$M$  – знаменник масштабу.

В даному випадку довжина відрізка на плані дорівнює

$$d = \frac{167600}{5000} \approx 33.5 \text{ мм.}$$

Аналогічно роблять (з контролем) побудову відрізків ліній в масштабах 1:1000 і 1:2000. Результати заносять до табл. 3.

*Таблиця 3 – Побудова відрізків заданої довжини*

Масштаб плану	Точність масштабу, м	Довжина відрізка на плані	Довжина лінії, м
1	2	3	4
1:1000	0.1		$31.4 + 1.5 \cdot N = 43.4$
1:5000	0.5		$119.6 + 6.0 \cdot N = 167.6$
1:2000	0.2		$52.8 + 3.0 \cdot N = 76,8$

## 1.2 Визначення координат точок

**Завдання:** визначити прямокутні координати  $X$  і  $Y$  точок  $A$ ,  $B$ ,  $C$  і  $D$ , нанесених на план червоним кольором.

Координати визначають в метрах відносно ліній координатної сітки. Для цього акуратно за хрестиками перетину ліній сітки квадратів, нанесених на план, гостро заточеним олівцем відновлюють квадрати кілометрової сітки, які проведені через 10 см, що на місцевості (для масштабу 1:2000) відповідає 200 м.

Значення координат ліній сітки підписані в рамці плану, в кілометрах. Спочатку визначають координати  $X_i$  та  $Y_i$  південно-західного кута квадрата, в якому знаходиться точка. З даної точки опускають перпендикуляри на західну та південну сторони квадрата і за допомогою поперечного масштабу визначають їх довжину, отримуючи таким чином прирости координат  $\Delta X$  і  $\Delta Y$ .

Тоді прямокутні координати  $X$ ,  $Y$  заданої точки визначаються за формулами

$$\begin{aligned} X &= X_i + \Delta X, \\ Y &= Y_i + \Delta Y, \end{aligned} \quad (4)$$

де  $X_i$ ,  $Y_i$  – координати південно-західного кута координатної сітки;

$\Delta X$ ,  $\Delta Y$  – прирости координат заданої точки відносно південно-західного кута.

Наприклад, точка  $A$  (рис. 3) знаходиться в квадраті з координатами південно-західного кута  $X_i = 79.8 \text{ км} = 79800 \text{ м}$ ;  $Y_i = 66.8 \text{ км} = 66800 \text{ м}$ .

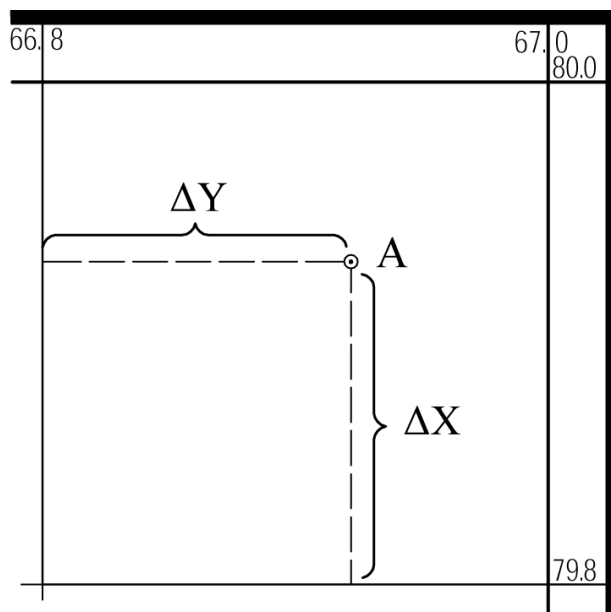


Рис. 3 – Схема визначення прямокутних координат точки A

Результати вимірювань на плані довжин перпендикулярів (приростів координат) наступні:  $\Delta X = 131,2$  м,  $\Delta Y = 128,6$  м,

За формулою (4) отримаємо:

$$X_A = 79800 + 131,2 = 79931,2 \text{ м};$$

$$Y_A = 66800 + 105,0 = 66928,6 \text{ м}.$$

Аналогічно визначають координати точок B, C і D. Результати заносять до відповідних колонок табл. 4.

Таблиця 4 – Координати і висоти точок

Точка	Прямокутні координати		Висота Н, м
	Х, м	Y, м	
A	79931.2	66928.6	144.0
B	79980.4	67601.2	141.5
C	78110.6	66598.6	146.7
D	78730.2	66840.4	151.3

### 1.3 Визначення дирекційних кутів заданих напрямів

#### 1.3.1 Вимірювання дирекційного кута напрямку лінії

**Завдання:** виміряти на плані дирекційний кут напрямку лінії AB.

Вимірювання на плані дирекційних кутів виконують геодезичним транспортом з ціною поділки 30'.

Для вимірювання дирекційного кута лінії через її початкову точку проводять пряму, паралельну до осі абсцис. Вимірюють дирекційний кут за годинниковою стрілкою від північного напрямку осі абсцис до напрямку заданої лінії. При цьому центральну позначку транспортера суміщають з початковою точкою лінії (рис. 4). Якщо дирекційний кут перевищує 180°, то його визначають за червоною шкалою транспортера.

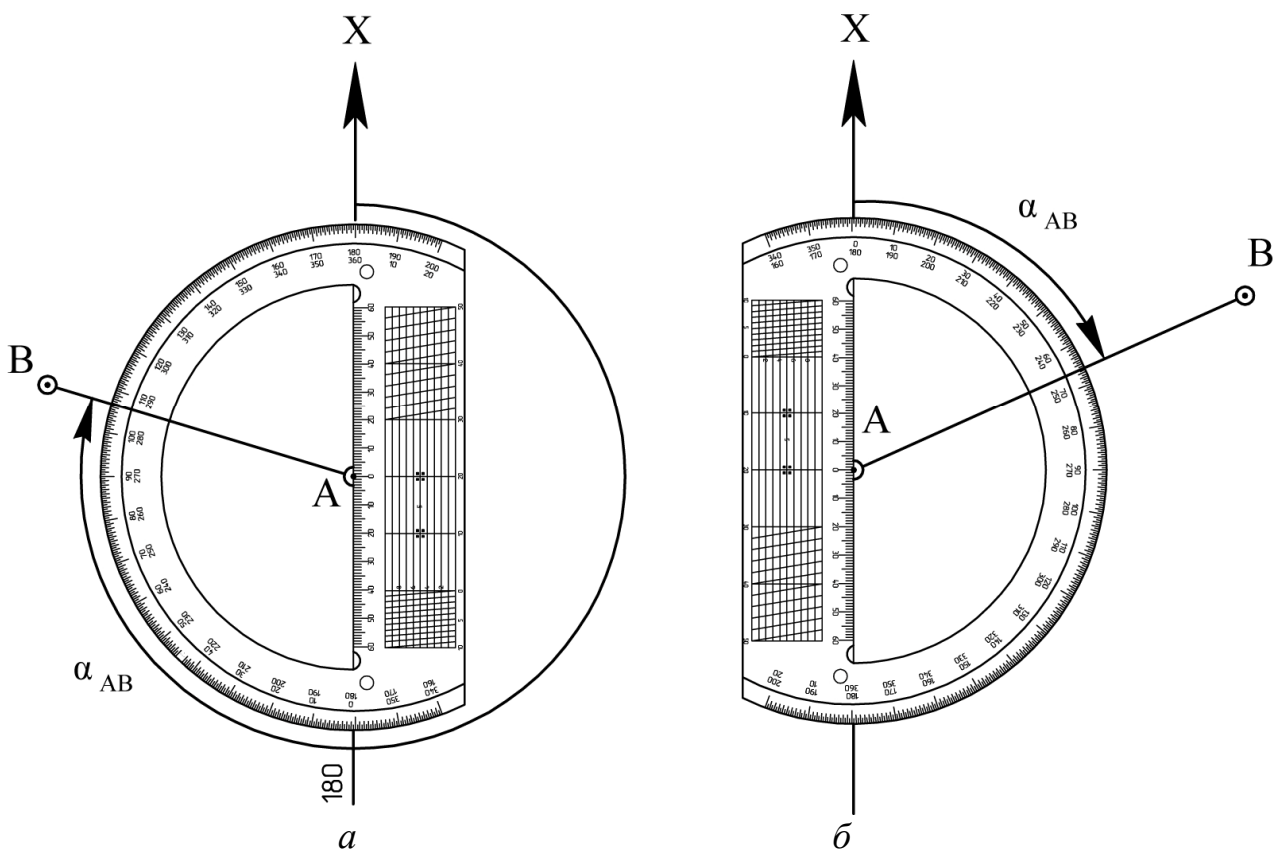


Рис. 4 – Схема вимірювання дирекційного кута наряду лінії АВ:  
 а) якщо дирекційний кут більший за  $180^\circ$ ;  
 б) якщо дирекційний кут в межах  $0^\circ - 180^\circ$

Точність вимірювання дирекційних кутів геодезичним транспортом складає  $15'$ , наприклад,  $\alpha_{AB} = 235^\circ 45'$  (рис. 5). Різниця між дирекційними кутами прямого (АВ) і зворотного (ВА) напрямків повинна складати  $180^\circ$ .

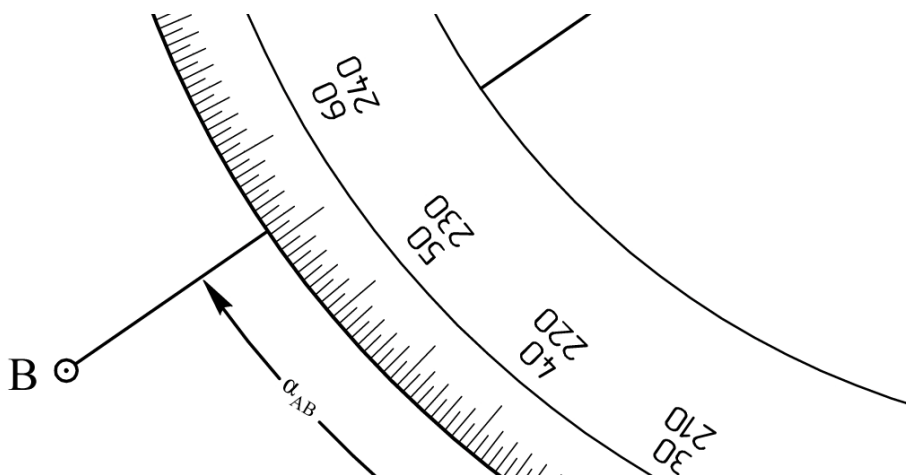


Рис. 5 – Вимірювання дирекційного кута транспортом ( $\alpha_{AB} = 235^\circ 45'$ )

Перевірити результат вимірювання транспортом дирекційних кутів заданих напрямків можна шляхом розв'язання оберненої геодезичної задачі.

### 1.3.2 Обернена геодезична задача

**Завдання:** визначити дирекційний кут  $\alpha_{AB}$ , за прямокутними координатами початкової і кінцевої точок лінії  $AB$ :  $X_A, Y_A, X_B, Y_B$ .

Дирекційний кут визначають із прямокутного трикутника  $ABC$  (рис. 6) в такій послідовності:

1) обчислюють румб лінії  $AB$  за формулою

$$r_{AB} = \arctg \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} = \arctg \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}; \quad (5)$$

2) обчислюють дирекційний кут  $\alpha_{AB}$  лінії  $AB$ :

- за знаками приростів координат  $\Delta X_{AB}$  і  $\Delta Y_{AB}$  визначають чверть, в якій знаходиться задана лінія (рис. 7);
- відповідно до рисунка дирекційний кут шуканої лінії обчислюють за формулами

$$\left. \begin{aligned} 1\_чверть\_ \alpha &= r; \\ 2\_чверть\_ \alpha &= 180^\circ - r; \\ 3\_чверть\_ \alpha &= r + 180^\circ; \\ 4\_чверть\_ \alpha &= 360^\circ - r \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

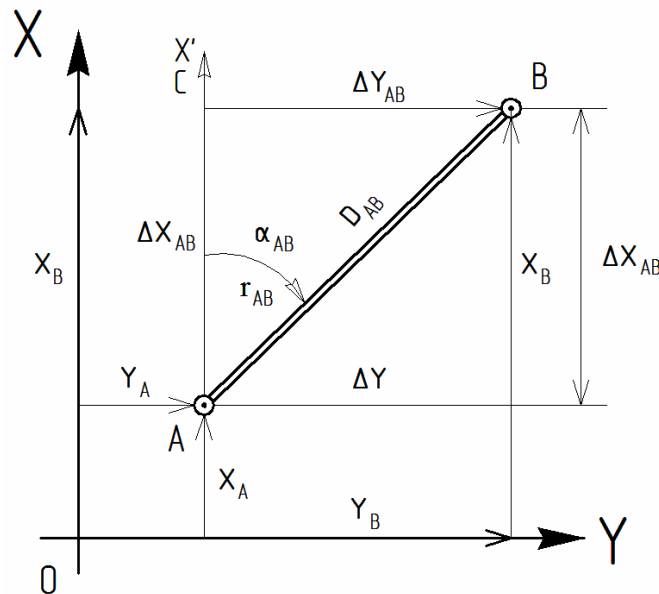


Рис. 6 – Геометрична схема оберненої геодезичної задачі

Для прикладу обчислимо дирекційний кут лінії  $AB$  за координатами, приведеними в табл. 4. Спочатку визначаємо румб лінії  $AB$  за формулою (5)

$$\operatorname{tgr}_{AB} = \frac{66791.2 - 66928.6}{79838.4 - 79931.2} = \frac{-137.4}{-92.8} = 1.48060.$$

Для обчислення арктангенсу кута зручно застосовувати інженерний мікрокалькулятор, при цьому послідовність дій наступна

$$1.48060 \quad \boxed{2\text{ndf}} \quad \boxed{\tan^{-1}} \quad 55.5754 \quad (55^\circ 57' 54'').$$

За знаками приростів координат визначаємо, що лінія розміщена у 3 чверті. Дирекційний кут  $\alpha_{AB}$  лінії  $AB$  буде дорівнювати –

$$\alpha_{AB} = r_{AB} + 180^\circ = 55^\circ 57' 54'' + 180^\circ = 235^\circ 57' 54'';$$

Результати обчислень дирекційного кута порівнюють з результатами вимірів транспортиром (див. п. 1.3.1), та заносять у бланк із завданням. Значення повинні бути рівними (в межах  $\pm 1^\circ$ ).

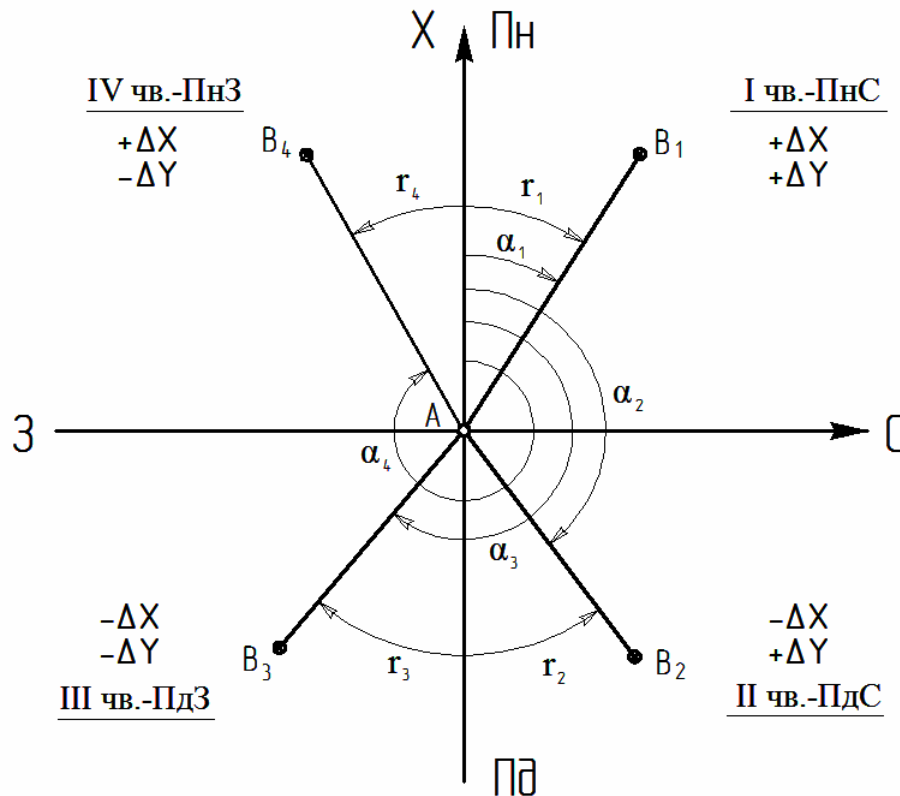


Рис. 7 – Зв'язок між румбами та дирекційними кутами різних напрямів ліній

## 1.4 Розв'язання задач за горизонталями

### 1.4.1 Визначення абсолютних висот точок

**Завдання:** визначити абсолютні висоти  $H$  точок  $A$ ,  $B$ ,  $C$  і  $D$ , нанесених на план червоним кольором.

Для визначення абсолютних висот точок місцевості використовують горизонталі. *Горизонталь* – це замкнена крива лінія на плані, що з'єднує точки з однаковими висотами.

Коли задана точка лежить на горизонталі, то її висота (позначка)  $H$  дорівнює висоті горизонталі. Висоти не підписаних горизонталей визначають від підписаної горизонталі за кількістю  $n$  перетинів рельєфу місцевості. Висоту  $h_n$  перетину рельєфу на плані підписують під чисельним масштабом (під південною стороною рамки плану).

Так, на рис. 8 позначки точок  $A$  і  $B$  дорівнюють:

$$H_A = 144.0 \text{ м}, H_B = 141.5 \text{ м}.$$

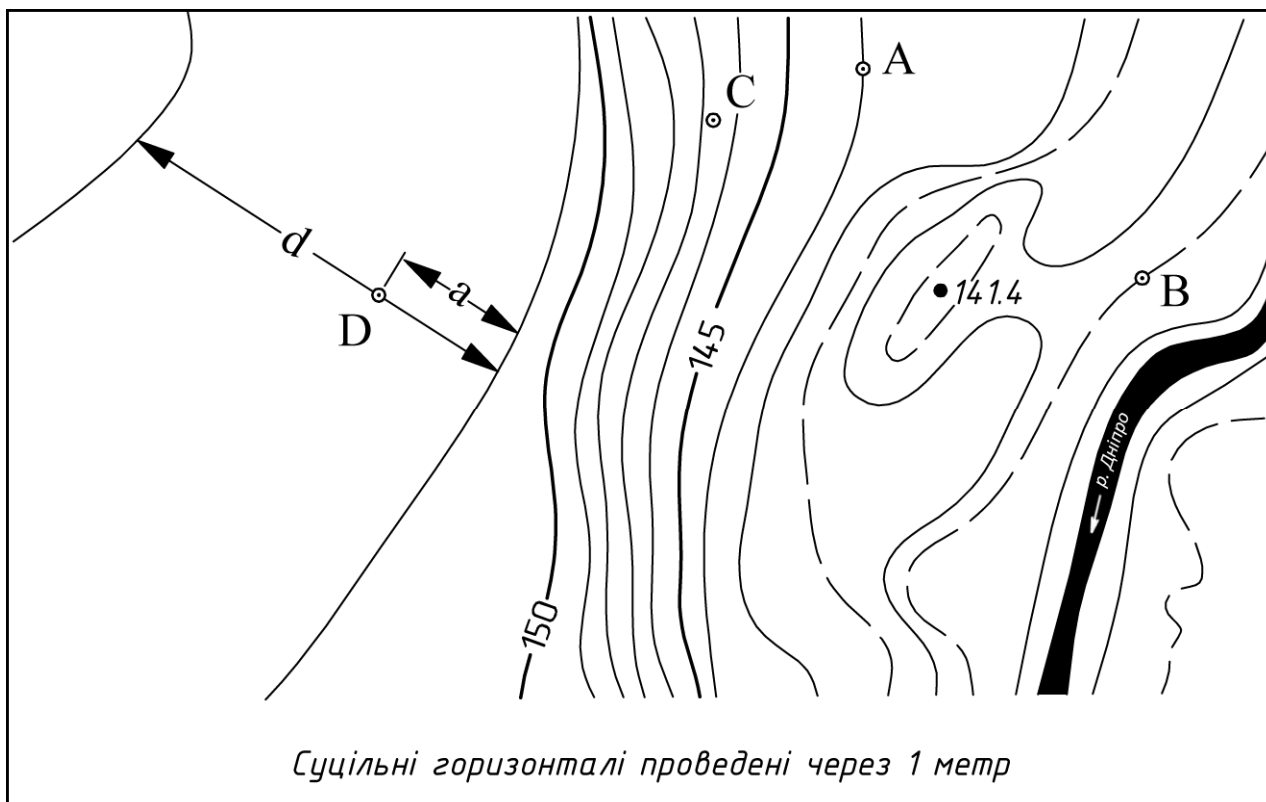


Рис. 8 – Визначення позначок точок за горизонталями

Висоту точки, розташованої між горизонталями, визначають «на око» з точністю 0.1 м (так, на рис. 8 позначка точки  $C$  дорівнює –  $H_C = 146.7$  м), або за формулою

$$H = H_0 + h, \quad (7)$$

де  $H_0$  – відмітка найближчої до точки горизонталі;

$h$  – перевищення точки над горизонталлю.

Враховуючи, що висота між сусідніми горизонталями змінюється пропорційно закладенню, для обчислення перевищення ( $h$ ) використовують формулу

$$h = \frac{a}{d} \cdot h_n, \quad (8)$$

де  $d$  – закладення (відстань між сусідніми горизонталями на плані);

$a$  – відстань від точки до найближчої горизонталі з меншою позначкою;

$h_n$  – висота перетину рельєфу.

Наприклад, для точки  $D$  (рис. 8) закладення дорівнює  $d = 42,0$  мм, відстань до найближчої горизонталі з меншою позначкою  $a = 14,0$  мм, висота перетину рельєфу  $h_n = 1$  м. Визначимо за формулами (7) і (8) позначку точки  $D$ .

$$h = \frac{14}{42} \cdot 1 \approx 0.3 \text{ м};$$

$$H_D = 151.0 + 0.3 = 151.3 \text{ м}.$$

Результати визначення висот заносять до табл. 4 (колонка №4).

### 1.4.2 Визначення перевищень між точками

**Завдання:** визначити перевищення між точками  $A$  і  $B$  на плані.

Якщо відомі висоти двох точок  $H_A$  і  $H_B$ , перевищення між ними  $h_{AB}$  обчислюють за формулою

$$h_{AB} = H_B - H_A. \quad (9)$$

Для точок  $A$  і  $B$  з висотами  $H_A = 144.0$  м і  $H_B = 141.5$  м перевищення дорівнює

$$h_{AB} = 141.5 - 144.0 = -2.5 \text{ м};$$

$$h_{BA} = 144.0 - 141.5 = 2.5 \text{ м}.$$

Результати обчислення перевищень записують в бланк із завданням.

### 1.4.3 Визначення ухилів та кутів нахилу ліній

**Завдання:** визначити ухил і кут нахилу лінії  $AB$ .

Ухил лінії  $AB$   $i_{AB}$  – це відношення перевищення  $h_{AB}$  між її початковою і кінцевою точками до горизонтального прокладення  $D_{AB}$  між ними.

Із рис. 9 видно, що перевищення  $h_{AB}$  між точками  $A$  і  $B$  – це є протилежний катет прямокутного трикутника, а горизонтальне прокладення (проекція)  $D_{AB}$  – це прилеглий катет. Отже, ухил лінії  $AB$  – це тангенс її кута нахилу  $\nu^\circ$ , тобто

$$i = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{D}. \quad (10)$$

Для визначення величини ухилу довжину лінії  $D_{AB}$  на плані визначають за допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки (див. п. 1.1.1), а перевищення – як різницю висот її кінцевих точок  $H_A$  і  $H_B$  (див. п. 1.4.2).

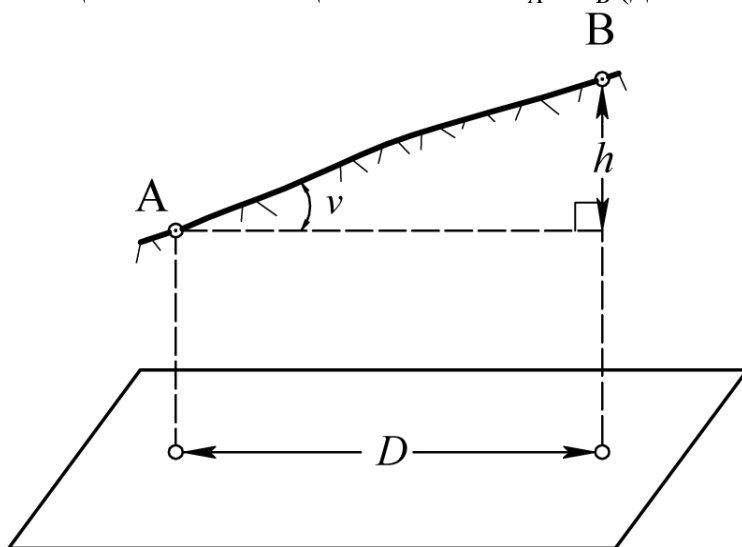


Рис. 9 – Ухил, кут нахилу лінії

Залежно від знаку перевищення ухил може бути додатним або від'ємним. Ухил  $i$  виражають тангенсом кута нахилу, в проміле (‰) – тисячних частках одиниці або у відсотках (%) – сотих частках одиниці.

Кут *нахилу лінії* називають вертикальний кут  $\nu^\circ$ , утворений цією лінією та горизонтальною площиною (рис. 9).

Його визначають за формулою

$$\nu = \arctg \frac{h}{D}. \quad (11)$$

Наприклад, перевищення між точками  $A$  і  $B$  дорівнює  $h_{AB} = -2.5$  м, горизонтальне прокладення лінії  $D_{AB} = 175.6$  м. В такому разі ухил лінії  $AB$ , обчислений за формулою (10) становитиме

$$i_{AB} = \frac{-2.5}{175.6} = -0.014 = 1.4\% = 14\text{‰}.$$

А кут нахилу відповідно –

$$\nu = \arctg \frac{-2.5}{175.6} = 0^\circ 49'.$$

#### 1.4.4 Побудова профілю земної поверхні за горизонталями

**Завдання:** побудувати профіль земної поверхні вздовж лінії  $AB$  ( $BC$ ) в масштабах: горизонтальний 1:2000, вертикальний 1:200.

*Профіль земної поверхні* – це зменшене зображення вертикального перерізу рельєфу місцевості вздовж заданого напрямку. На плані задано профільний напрям  $AB$  (рис. 10, *а*).

Побудову профілю виконують в такій послідовності.

1. На плані кінцеву і початкову точки напрямку  $AB$  з'єднують прямою лінією.
2. На прямій  $AB$  відмічають і нумерують точки перетину її з горизонталями (1-10) та точки перетину її з характерними структурними лініями рельєфу – з вододілом (2, 9) і водозбором (7).
3. До лінії  $AB$  на плані прикладають аркуш паперу, і на ньому позначають точки перетину лінії з горизонталями і їх відмітки.
4. З аркушу паперу переносять точки, їх номери і висоти на сітку профіля у відповідні рядки.
5. Обчислюють висоту лінії умовного горизонту  $H_{\text{луг}}$  (верхньої лінії сітки профілю). Її визначають з таким розрахунком, щоб точка профіля з мінімальною висотою  $H_{\text{min}}$  розмістилась на 3÷5 см вище від неї. Наприклад, при  $H_{\text{min}} = 148.7$  м (рис. 10, *б*) висота лінії умовного горизонту (із заокругленням до цілої парної кількості метрів) дорівнює

$$H_{\text{луг}} = H_{\text{min}} - 6.0 = 148.7 - 6.0 = 142.7 \approx 142.0 \text{ м}$$

6. Підписують шкалу висот через 1 см. Ціна сантиметрової поділки вертикального масштабу дорівнює

$$h_n = 2.0 \text{ м}.$$



7. В масштабі профілю від лінії умовного горизонту відкладають висоти точок на відповідних перпендикулярах.
8. Кінці перпендикулярів з'єднують ламаною лінією, яка є зображенням профілю місцевості (рис. 10, б).

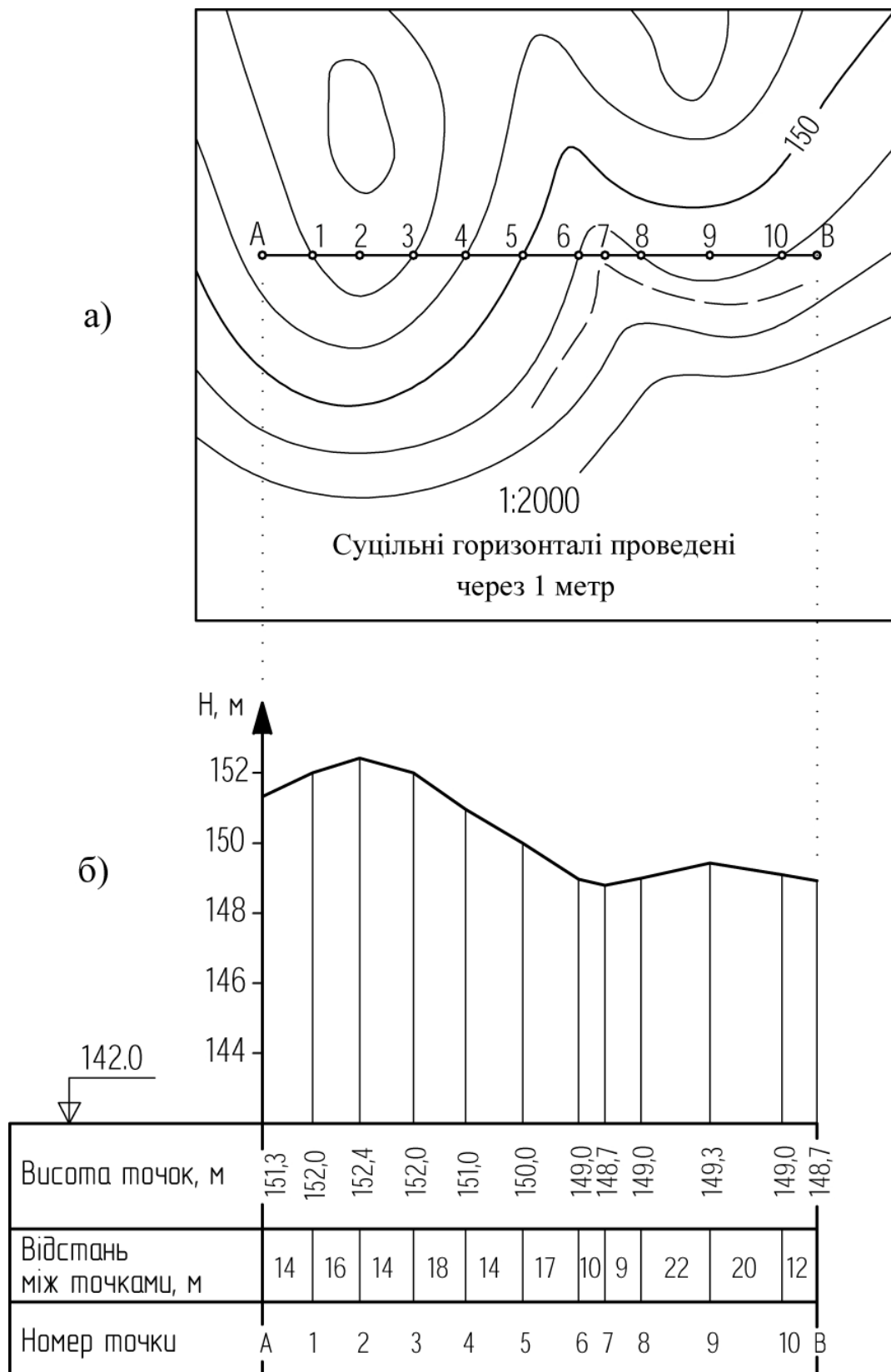


Рис. 10 – Побудова профілю рельєфу місцевості за напрямом АВ на плані

### **Зміст звіту з розрахунково-графічної роботи:**

1. Копія топографічного плану М 1:2000 (видається викладачем).
2. Заповнений бланк із завданням на виконання розрахунково-графічної роботи (видається викладачем).

### **Контрольні питання:**

1. Що називають топографічним планом? Картою?
2. Назвіть види масштабів.
3. Що таке точність масштабу?
4. Якими способами вимірюють відстані на плані? Який із цих способів найточніший?
5. Що називається горизонталлю, висотою перерізу рельєфу і закладенням горизонталей?
6. Назвіть властивості горизонталей.
7. Назвіть основні види форм рельєфу місцевості. Як їх зображують на плані з горизонталями?
8. Які задачі можна розв'язувати на плані з горизонталями?
9. Що називають висотою точки, перевищенням?
10. Що приймають за початок відліку висот на топографічному плані?
11. Які бувають висоти точок?
12. Як на плані визначають прямокутні координати заданої точки?
13. Що називають дирекційним кутом лінії?
14. Як на плані визначають дирекційні кути заданих напрямків?
15. Який зв'язок існує між прямим і зворотним дирекційними кутами?
16. Що таке ухил лінії місцевості та кут її нахилу?
17. В яких одиницях вимірюють ухил місцевості?
18. У чому сутність оберненої геодезичної задачі?
19. Що називають профілем земної поверхні?
20. Як будують профіль земної поверхні за заданим на топографічному плані напрямом?

## 2. РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА №2. ПОБУДОВА ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ ГАЗОПРОВОДУ

**Мета роботи:** оволодіти методикою математичного опрацювання результатів геометричного нівелювання рельєфу місцевості з технічною точністю по трасі газопроводу; вивчити технологію складання поздовжнього профілю за результатами нівелювання; засвоїти методику геодезичного проектування осі газопроводу на поздовжньому профілі місцевості.

**Вихідні дані:** 1) відомість технічного нівелювання по трасі газопроводу. 2) пікетажний абрис траси (рис. 12). 3) діаметр труб  $d_{mp} = 0.10$  м. 4) розрахункова глибина промерзання ґрунту в зимовий період складає 1 м. 5) глибина траншеї на пікеті 0 (ПК0) і пікеті 4 (ПК4) відповідно дорівнює

$$\begin{aligned}h_{ПК0}^{mp} &= 1.10 + 0.01 \cdot N; \\h_{ПК4}^{mp} &= 1.80 + 0.01 \cdot N,\end{aligned}\tag{12}$$

де  $N$  – порядковий номер студента за списком викладача.

**Склад роботи:** математичне опрацювання результатів геометричного нівелювання по трасі газопроводу; побудова профілю земної поверхні за результатами геометричного нівелювання; геодезичне проектування поздовжнього профілю газопроводу.

**Прилади та приладдя:** креслярська лінійка, гостро заточений твердий олівець, гумка, чорна і червона ручки, інженерний мікрокалькулятор, аркуш міліметрового паперу формату А3.

**Вимоги до оформлення розрахунково-графічної роботи.** Результати математичного опрацювання результатів геометричного нівелювання заносяться до відповідної таблиці бланку із завданням (табл. 5). Записи слід робити акуратно, стандартним шрифтом, спочатку олівцем, а після їх перевірки викладачем – чорною ручкою (за зразком, приведеним в цих методичних вказівках).

При побудові поздовжнього профілю газопроводу всі операції слід виконувати старанно і акуратно. Не допускається згинання аркушу паперу більше ніж навіпіл, або будь-яке його пошкодження. Умовні знаки для оформлення плану, їх розміри, колір і товщина ліній приведені в додатковій літературі [4].

Звітний матеріал, складений за індивідуальним завданням, зараховується, якщо в ньому виконані 100% завдань і студент позитивно відповів на запитання, основні з яких приведені в кінці розділу. Безпомилковість математичного опрацювання вихідних даних, старанність при оформленні бланку із завданням, акуратність графічних побудов, відповідність оформлення поздовжнього профілю, приведеному в методичних вказівках, зразку, і повнота відповідей на запитання позитивно впливають в кінцевому рахунку на кількість балів, які отримує студент за виконання розрахунково-графічної роботи.

## 2.1 Математичне опрацювання результатів геометричного нівелювання по трасі газопроводу

**Завдання:** визначити допустимі нев'язки вимірювання перевищень, ввести поправки в результати вимірювань та обчислити висоти пікетів і проміжних точок нівелірного ходу.

Математичне опрацювання результатів геометричного нівелювання виконують в такій послідовності.

1. Обчислюють перевищення по основній і допоміжній шкалам рейок на кожній станції за формулами:

$$\begin{aligned}h^o &= u_3^o - u_n^o; \\h^{\partial} &= u_3^{\partial} - u_n^{\partial},\end{aligned}\tag{13}$$

де  $h^o$  – перевищення по основній шкалі рейки;

$h^{\partial}$  – перевищення по додатковій шкалі рейки;

$u_3^o$  – відлік по основній шкалі задньої рейки;

$u_n^o$  – відлік по основній шкалі передньої рейки;

$u_3^{\partial}$  – відлік по додатковій шкалі задньої рейки;

$u_n^{\partial}$  – відлік по додатковій шкалі передньої рейки.

Наприклад, перевищення на першій станції між точками Рп20 і ПК0 (табл. 5) буде дорівнювати

$$h^o = 2015 - 2867 = -0852;$$

$$h^{\partial} = 6799 - 7653 = -0854.$$

Результати обчислень заносять до табл. 5 (колонки 7 і 8, відповідно).

2. Виконують контроль правильності знімання відліків на станціях за різницями перевищень ( $\Delta h = h^o - h^{\partial}$ ) між зв'язуючими точками. Різниці отриманих значень перевищень не повинні бути більшими ніж 5 мм. Якщо умова виконується, обчислюють середнє перевищення за формулою

$$h^{cp} = \frac{h^o + h^{\partial}}{2}\tag{14}$$

Наприклад, середнє перевищення на першій станції (табл. 5) буде дорівнювати

$$h^{cp} = \frac{(-0852) + (-0854)}{2} = -0853 \text{ мм.}$$

Отримані значення середніх перевищень заокруглюють до цілих міліметрів. Результати обчислень заносять до табл. 5 (колонка 9).

3. Виконують посторінковий контроль, обчислюючи:

$\sum u_3$  – суму відліків по заднім рейкам;

$\sum u_n$  – суму відліків по переднім рейкам;

$\sum (h^o + h^d)$  – суму перевищень по основним і додатковим шкалам;  
 $\sum h^{cp}$  – суму середніх перевищень.

Повинні виконуватись наступні рівності . Допустима розбіжність 1-2 мм.

$$\begin{aligned}\sum u_s - \sum u_n &= \sum (h^o + h^d); \\ \frac{1}{2} \sum (h^o + h^d) &= \sum h^{cp}.\end{aligned}\tag{15}$$

Допустима розбіжність 1-2 мм.

4. Обчислюють суму середніх перевищень між зв'язуючими точками ходу за формулою

$$\sum h^{cp} = h_1 + h_2 + \dots + h_n,\tag{16}$$

де  $h_1, h_2, \dots, h_n$  – середні перевищення між зв'язуючими точками.

Сума середніх перевищень, обчислена за формулою (16) становить (це значення однакове для всіх варіантів):

$$\sum h^{cp} = -4833 \text{ мм.}$$

5. Обчислюють теоретичну суму перевищень в нівелірному ході за формулою

$$\sum h^m = H_K - H_H,\tag{17}$$

де  $H_K$  – відома висота кінцевої точки ходу (Рп21);

$H_H$  – відома висота початкової точки ходу (Рп20).

Підставивши висоти кінцевого і початкового реперів у формулу (17), обчислюємо теоретичну суму перевищень нівелірного ходу. Наприклад, в табл. 5 вона дорівнює різниці висот реперів Рп21 і Рп20

$$\sum h^m = 55.299 - 60.124 = -4.825 \text{ м} = -4825 \text{ мм.}$$

Результат заносять до табл. 5 (колонка 12, нижній рядок).

6. Обчислюють нев'язку в нівелірному ході за формулою

$$f_h = \sum h^{cp} - \sum h^m.\tag{18}$$

В даному випадку нев'язка дорівнює

$$f_h = -4833 - (-4825) = -8 \text{ мм.}$$

7. Обчислюють гранично допустиму нев'язку в нівелірному ході. Для технічного нівелювання гранично допустиму нев'язку обчислюють за формулою

$$f_{дон} = \pm 50 \sqrt{L},\tag{19}$$

де  $L$  – довжина нівелірного ходу в кілометрах.

Таблиця 5 – Відомість технічного нівелювання по трасі газопроводу

№ станції	Назва точки			Відліки по шкалі рейки, мм		Перевіщення виміряне, мм			Поправка $V_h$ , мм	Перевіщення $h^e$ , мм	Висота точки $H$ , м	Висота променя $H_{me}$ , м
	зв'язуюча	проміжна		основний $u^o$	допоміжний $u^o$	по основній шкалі $\pm h^o$	по допоміжній шкалі $\pm h^o$	середнє $\pm h^{cp}$				
		задня	передня									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Рп 20			2015	6799						60.124	
		ПК0		2867	7653	-0852	-0854	-0853	2	-0851	59.273	
2	ПК0			1366	6149						59.273	
		ПК1		1109	5889	0257	0260	0258	1	0259	59.532	
3	ПК1			1836	7080						59.532	61.368
		ПК2		1326	6566	0510	0514	0512	1	0513	60.045	
			ПК1+35	2617							58.751	
			ПК1+70	0988							60.380	
4	ПК2			0345	5129						60.045	
		ПК2+40		2861	7648	-2516	-2519	-2518	1	-2517	57.528	
5	ПК2+4			1344	6127						57.528	
		ПК3		2477	7262	-1133	-1135	-1134	1	-1133	56.395	
6	ПК3			0481	5264						56.395	56.876
		ПК4		2821	7605	-2340	-2341	-2340	1	-2339	54.056	
			ПК3+80	2955							53.921	
7	ПК4			1888	6672						54.056	
		Рп 21		0647	5429	1241	1243	1242	1	1243	55.299	
Загальний контроль: $\sum u_3 = 52495$ $\sum u_n = 62160$ $\frac{1}{2} (\sum u_3 - \sum u_n) = -4833$ $\frac{1}{2} \sum (h^o + h^o) = -4833$ $\sum h^e = -4825$ $\sum h^m = -4825$ $\sum v_h = 8$												

Приклад розрахунку гранично допустимої не'язки: довжина нівелірного ходу складає (рис. 12)

$$L = 400 + 100 + 80 = 580 \text{ м} = 0.58 \text{ км.}$$

Тоді

$$f_{\text{дон}} = \pm 50 \sqrt{0.58} = \pm 38 \text{ мм.}$$

Якщо фактична не'язка (за модулем) не перевищує гранично допустиму, то її розподіляють між всіма середніми перевищеннями у вигляді поправок. У даному випадку умова виконується

$$8 < 38.$$

Якщо  $|f_h| > f_{\text{дон}}$ , то допущена помилка в підрахунках, їх необхідно повторити.

8. Обчислюють поправки в кожне середнє перевищення з точністю 1 мм за формулою

$$v_h = -\frac{f_h}{n}, \quad (20)$$

де  $n$  – кількість середніх перевищень в ході.

Дробові поправки заокруглюють до цілих міліметрів. Будь-які дві поправки можуть відрізнятися одна від одної не більше ніж на 1 мм. Якщо не'язка  $f_h$  менша за кількість перевищень  $n$ , то її розподіляють з протилежним знаком по 1 мм на будь-які середні перевищення.

Поправки заносять до табл. 5 (колонка 10).

Контроль: сума обчислених поправок повинна дорівнювати не'язці з протилежним знаком

$$\sum v_h = -f_h. \quad (21)$$

9. Обчислюють виправлені перевищення за формулою

$$h^e = h^{cp} + v_h. \quad (22)$$

Результати заносять до табл. 5 (колонка 11). Наприклад, виправлене перевищення на першій станції дорівнює

$$h^e = -0853 + 2 = -0851 \text{ мм.}$$

Контролем обчислення виправлених перевищень є виконання рівності

$$\sum h^e = \sum h^m. \quad (23)$$

В даному випадку умову дотримано

$$\sum h^e = \sum h^m = -4825 \text{ мм.}$$

10. Обчислюють висоти зв'язуючих точок, починаючи від репера Рп 20 з відомою висотою  $H_{Pn20}$ . Обчислення виконують за правилом: висота наступної

точки  $H_{i+1}$  дорівнює висоті попередньої точки  $H_i$  плюс виправлене перевищення між ними  $h_i^e$ , тобто

$$H_{i+1} = H_i + h_i^e. \quad (24)$$

Наприклад, висота нульового пікету  $H_{ПК0}$  дорівнює (табл 5):

$$H_{ПК0} = 60.124 + (0.851) = 59.273 \text{ м.}$$

Результати обчислень заносять до табл. 5 (колонка 12). Контролем обчислень є отримання точного значення висоти кінцевого репера  $H_{Pn21}$ .

11. Обчислюють висоту променя візування за формулою

$$H^{ng} = H_i + u_i^o, \quad (25)$$

де  $H_i$  – висота точки;

$u_i^o$  – відлік за основною шкалою рейки, встановленої на даній точці.

Висоту променя візування обчислюють лише на тих станціях, де виконувалось нівелювання проміжних точок, тобто на станціях 3 і 6.

Наприклад, на станції 3 висота променя візування дорівнює

$$H_{см.3}^{ng} = H_{ПК1} + u_{ПК1}^o = 59.532 + 1.836 = 61.368 \text{ м.}$$

Результати обчислень заносять до табл. 5 (колонка 13).

12. Обчислюють висоти проміжних точок за формулою

$$H_i = H^{ng} - u_i^o. \quad (26)$$

Наприклад, висоти проміжних точок на станції 3 дорівнюють

$$H_{ПК1+35} = H_{см.3}^{ng} - u_{ПК1+35}^o = 61.368 - 2.617 = 58.751 \text{ м.}$$

$$H_{ПК1+70} = H_{см.3}^{ng} - u_{ПК1+70}^o = 61.368 - 0.988 = 60.380 \text{ м.}$$

Результати обчислень заносять до табл. 5 (колонка 12).

## 2.2 Побудова профілю земної поверхні за результатами геометричного нівелювання

**Завдання:** на аркуші міліметрового паперу формати А3 за даними геометричного нівелювання (табл. 5) і пікетажного абрису (рис. 12) побудувати профіль земної поверхні.

Поздовжній профіль земної поверхні (графічна модель рельєфу) по трасі лінійної споруди є одним із основних документів, необхідних для проектування газопроводу.

Масштаби для побудови поздовжнього профілю приймаються такими:

- горизонтальний – 1: 2000;
- вертикальний – 1:200.

Побудову профілю починають з накреслення його сітки. Розміри (в міліметрах) і назва рядків сітки приведені на рис. 11. Верхню горизонтальну



лінію (лінію умовного горизонту) для зручності побудови суміщають з потовщеною (дециметровою) лінією міліметрового паперу.

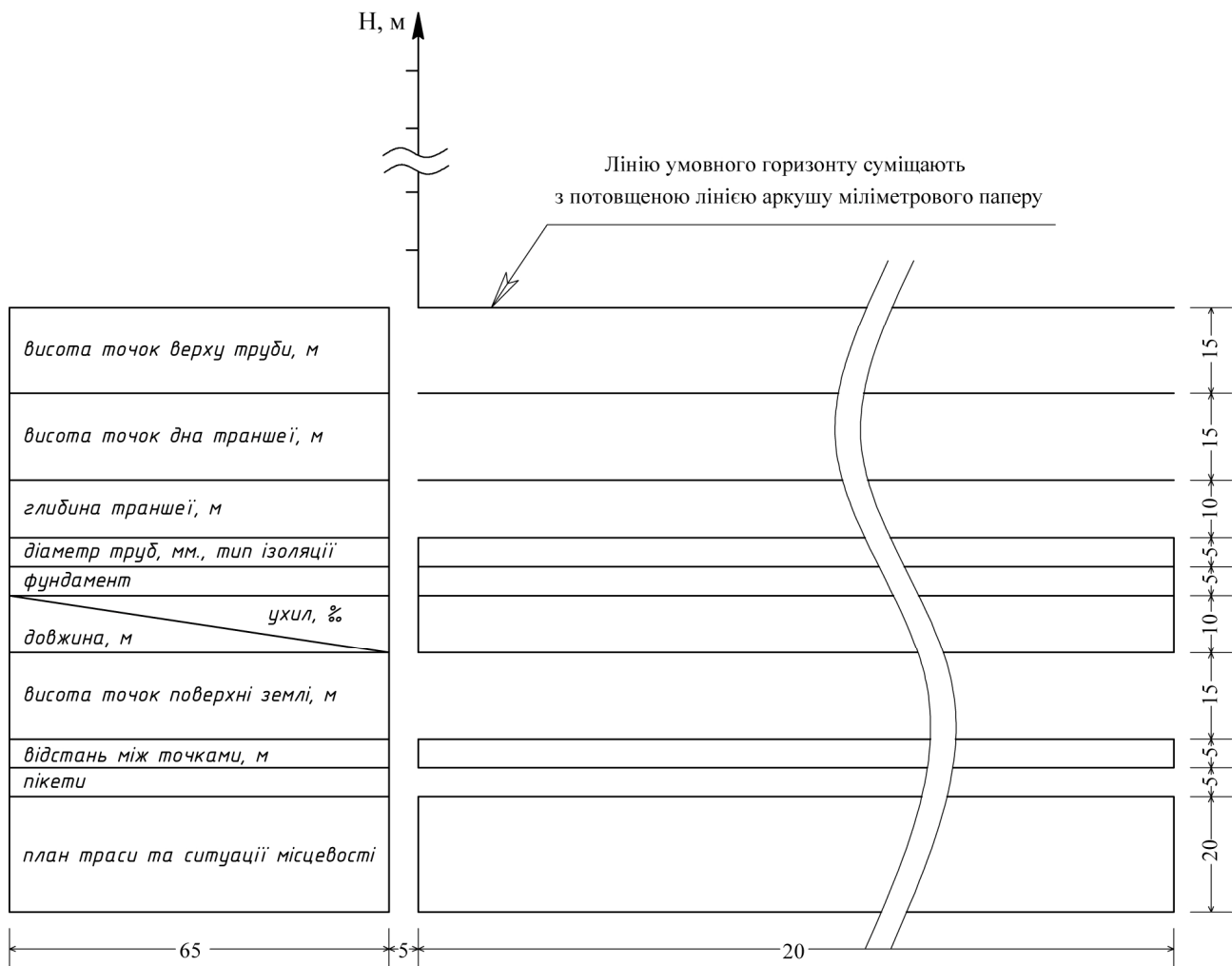


Рис. 12 – Сітка профілю

Заповнення сітки профілю починають з побудови пікетів (горизонтальна відстань між якими на місцевості складає 100 м). Пікети повинні співпадати з потовщеними вертикальними лініями міліметрового паперу, розміщеними через 5 см. Номери пікетів підписують у графі «підмети».

У рядку «відстань між точками» відкладають відстані від пікетів до проміжних точок, вказуючи відстані від них до сусідніх пікетів або проміжних точок в метрах. Положення всіх точок цього рядка фіксують вертикальними відрізками. Відстань між пікетами, де відсутні проміжні точки, не підписують.

У рядок «висота точок земної поверхні» із журналу технічного нівелювання (табл. 5, колонка 12) виписують висоти, заокруглюючи їх до 0.01 м. За цими даними складають поздовжній профіль місцевості у вертикальному масштабі 1:200. Для цього на початку профілю креслять вертикальну шкалу висотою 10 см і наносять на неї поділки через 1 см, починаючи від лінії умовного горизонту (рис. 11). Висоту лінії умовного горизонту  $H_{\text{луг}}$  приймають за наступними підрахунками: із профілю беруть

найменшу висоту земної поверхні (в точці ПК3+80) і віднімають від неї 10.0 м. Отриману висоту округлюють до найближчого парного числа метрів. В розглянутому випадку (додаток А) висота  $H_{\text{луг}}$  дорівнює

$$H_{\text{луг}} = H_{\text{луг}} - 10 = 53.92 - 10 = 43.92 \approx 44 \text{ м.}$$

Цю висоту підписують над лінією умовного горизонту. Наступні висоти точок підписують на вертикальній шкалі профілю через 2.0 м. Шкалу використовують для побудови висот точок земної поверхні, які потім з'єднують прямими лініями.

Для заповнення рядка «план траси та ситуації місцевості» використовують дані з пікетажного абрису траси (рис. 12). Для цього посередині рядка креслять пряму лінію, що відображає трасу газопроводу. Кути повороту траси на ПК1+70 вправо креслять умовно, продовжуючи побудову плану по прямій. В масштабі 1:2000 складають контурний план смуги (шириною 40 м) місцевості, що прилягає до траси. Для зображення на плані ситуації використовують умовні знаки для топографічних планів масштабу 1:2000 [4].

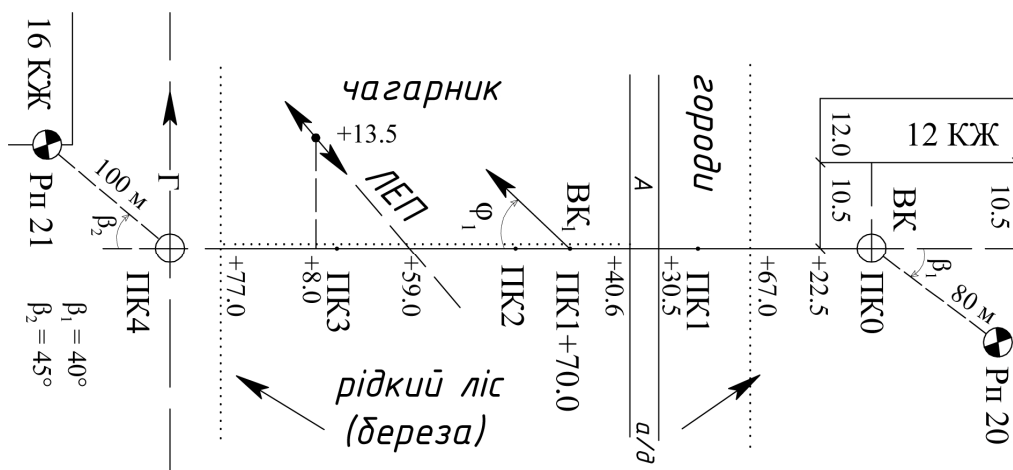


Рис. 12 – Пікетажний абрис

У рядку «діаметр труб, мм, тип ізоляції» роблять запис (однаковий для всіх варіантів) «труби сталі, діаметр 100 мм, ізоляція посилена».

У рядку «фундамент» роблять запис (однаковий для всіх варіантів) «природний (пісок)».

### 2.3 Геодезичне проектування поздовжнього профілю газопроводу

**Завдання:** на профіль земної поверхні нанести проектну лінію газопроводу (яка на місцевості відповідає низу труби).

Геодезичне проектування поздовжнього профілю газопроводу виконують в такій послідовності.

1. Обчислюють проектні висоти точок дна траншеї на ПК0 і ПК4 за формулами

$$\begin{aligned}H_{ПК0}^{np} &= H_{ПК0}^3 - h_{ПК0}^{mp}; \\ H_{ПК4}^{np} &= H_{ПК4}^3 - h_{ПК4}^{mp},\end{aligned}\quad (27)$$

де  $H_{ПК0}^3$  – висота земної поверхні на ПК0;

$H_{ПК4}^3$  – висота земної поверхні на ПК4;

$h_{ПК0}^{mp}$  – глибина траншеї на ПК0 (визначається за формулою 12);

$h_{ПК4}^{mp}$  – глибина траншеї на ПК4 (визначається за формулою 12).

Наприклад, для даного випадку  $h_{ПК0}^{mp} = 1.23$  м,  $h_{ПК4}^{mp} = 1.82$  м. Проектні висоти точок дна траншеї на ПК0 і ПК4 дорівнюють

$$\begin{aligned}H_{ПК0}^{np} &= 59.27 - 1.23 = 58.04 \text{ м}; \\ H_{ПК4}^{np} &= 54.06 - 1.82 = 52.24 \text{ м}.\end{aligned}$$

Обчислені за формулами (27) проектні висоти записують в рядок сітки профілю «висоти точок дна траншеї» напроти відповідних пікетів.

2. Обчислюють проектну висоту точки дна траншеї на ПК2 за формулою

$$H_{ПК2}^{np} = H_{ПК0}^{np} + i \cdot d_1, \quad (28)$$

де  $i$  – ухил даного елемента проектної лінії;

$d_1$  – горизонтальна відстань між ПК0 і ПК2.

В даній роботі ухил першого елемента проектної лінії для всіх варіантів приймається рівним  $i = -0.004$ . Відстань між початковою і кінцевою точками даного проектного елемента дорівнює двом пікетам, тобто  $d_1 = 200$  м. Отже, для даного випадку проектна висота точки дна траншеї на ПК2 дорівнює

$$H_{ПК2}^{np} = 58.04 + (-0.004) \cdot 200 = 57.24 \text{ м}.$$

Точки, висоти яких отримані за формулами (27, 28), наносять на профіль земної поверхні.

3. На ділянці профілю від ПК2 до ПК3 в місцях переламів лінії земної поверхні відкладають вертикально вниз відрізки довжиною  $h = 1.10$  м (або 5.5 мм в масштабі 1:200). Через отримані точки (з можливим відхиленням в більшу сторону) проводять пряму лінію так, щоб точки знаходились на прямій або вище неї.

4. Графічно визначають проектну висоту  $H_{ПК3}^{np}$  точки дна траншеї на ПК3. Потім обчислюють ухил другого елемента проектної лінії за формулою

$$i_2 = \frac{H_{ПК3}^{np} - H_{ПК2}^{np}}{d_2}, \quad (29)$$

де  $d_2$  – горизонтальна відстань між ПК2 і ПК3.

В даному випадку проектна висота точки дна траншеї на ПК3 (визначена графічно) дорівнює  $H_{ПК3}^{np} = 55.2$  м. Ухил другого елементу проектної лінії обчислений за формулою (29) становить

$$i_2 = \frac{55.2 - 57.24}{100} = -0.0204 \approx -0.020.$$

Обчислений таким чином ухил заокруглюють до 0.001 і записують в рядок сітки профілю «довжина/ухил».

5. Враховуючи заокруглене значення ухилу, уточнюють висоту точки дна траншеї на ПК3:

$$H_{ПК3}^{np} = H_{ПК2}^{np} + i \cdot d_2 = 57.24 + (-0.020 \cdot 100) = 55.24 \text{ м.}$$

6. З'єднують прямою лінією точки дна траншеї на ПК3 і ПК4.

7. Обчислюють ухил третього елементу проектної лінії:

$$i_3 = \frac{H_{ПК4}^{np} - H_{ПК3}^{np}}{d_3} = \frac{52.24 - 55.24}{100} = -0.030.$$

8. Обчислюють проміжні висоти точок дна траншеї в місцях перегину профільної лінії:

$$H_{ПК1+35}^{np} = 57.64 + (-0.004 \cdot 35) = 57.50 \text{ м;}$$

$$H_{ПК1+70}^{np} = 57.64 + (-0.004 \cdot 70) = 57.36 \text{ м;}$$

$$H_{ПК2+40}^{np} = 57.24 + (-0.020 \cdot 40) = 56.44 \text{ м;}$$

$$H_{ПК3+80}^{np} = 55.24 + (-0.030 \cdot 80) = 52.84 \text{ м.}$$

9. В усіх характерних точках профілю обчислюють глибину траншеї за формулою

$$h^{mp} = H^3 - H^{mp}, \quad (30)$$

де  $H^3$  – висота поверхні землі в даній точці;

$H^{mp}$  – висота дна траншеї в даній точці.

Наприклад, глибина траншеї на ПК1 дорівнює

$$H_{ПК1}^{mp} = 59.53 - 57.64 = 1.89 \text{ м.}$$

10. Обчислюють висоти точок верха труби за формулою

$$H^{em} = H^{np} + d_{mp}, \quad (31)$$

де  $H^{np}$  – проектна висота в даній точці;

$d_{mp}$  – діаметр труби.

Наприклад, висота точки верха труби на ПК1 дорівнює

$$H^{em} = 57.64 + 0.10 = 57.74 \text{ м.}$$

Поздовжній профіль газопроводу оформляють двома кольорами: червоним і чорним. Червоним кольором на профілі креслять: проектну лінію,

глибини траншеї, вісь траси, проектні ухили та довжину елементів проектної лінії, висоти точок дна траншеї, висоти точок верху труби.

Решту ліній, цифр і написів, умовні знаки на плані траси і ситуації місцевості креслять чорним кольором. Креслять рамку (відступаючи по 5 мм з правого, верхнього та нижнього боків і 20 мм – з лівого). У правому нижньому куті аркуша розміщують штамп. Приклад оформлення поздовжнього профілю газопроводу приведений в додатку А.

### **Зміст звіту з розрахунково-графічної роботи:**

1. Заповнена відомість технічного нівелювання по трасі газопроводу (бланк видається викладачем).
2. Поздовжній профіль газопроводу, побудований на аркуші міліметрового паперу формату А3.

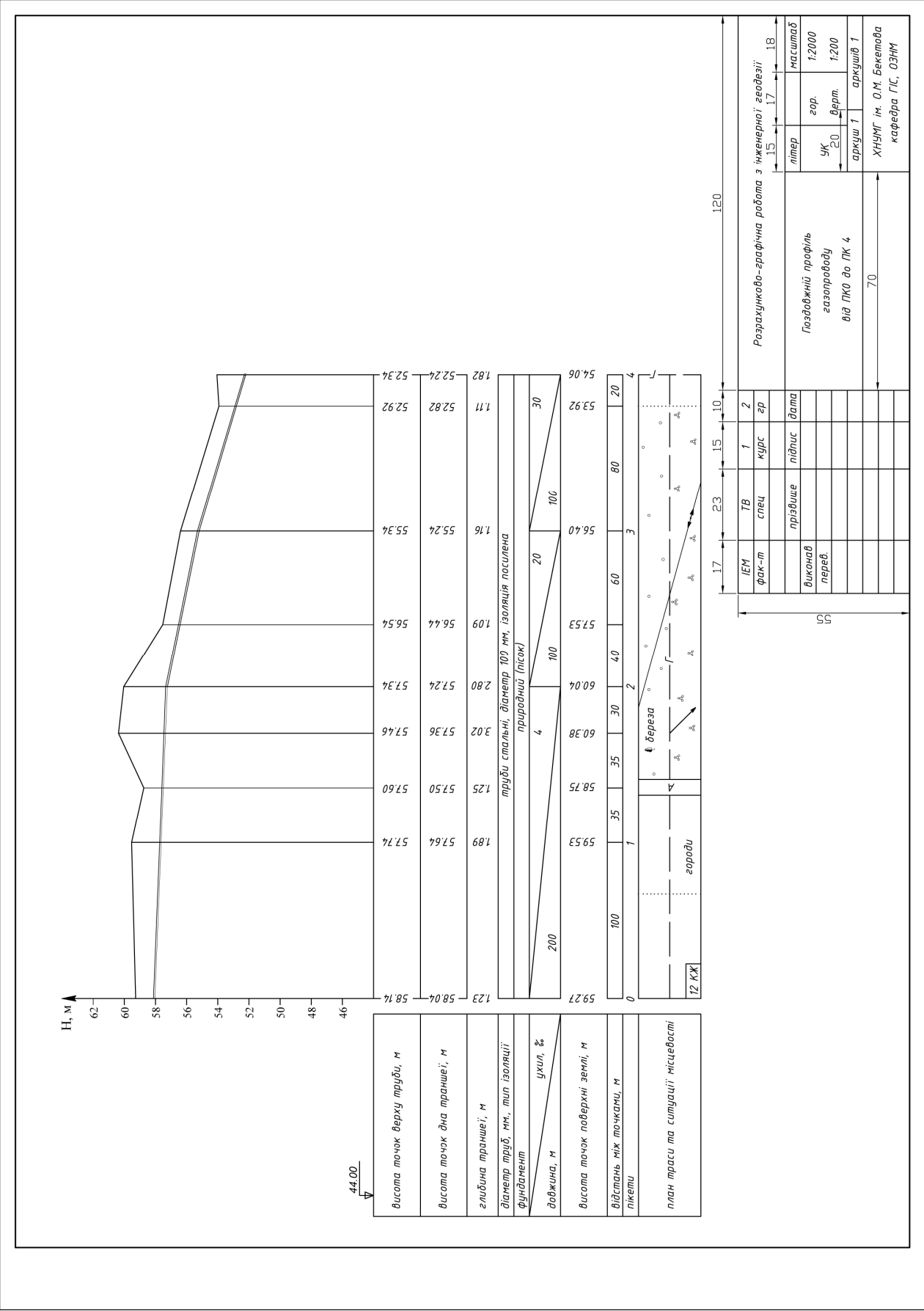
### **Контрольні питання:**

1. Що називають пікетом траси?
2. Як виконують на місцевості розбивку пікетів на прямих і кривих ділянках траси?
3. Що називають кутом повороту траси? Як його вимірюють на місцевості?
4. В чому полягає сутність геометричного нівелювання?
5. Які існують способи геометричного нівелювання?
6. Назвіть послідовність приведення нівеліра в робоче положення.
7. Для чого виконують послідовне нівелювання?
8. Які точки при нівелюванні називають зв'язуючими, іксовими, проміжними?
9. Назвіть порядок роботи з нівеліром на станції геометричного нівелювання.
10. Як виконують польовий контроль нівелювання зв'язуючих точок на станції?
11. Що називають горизонтом приладу (висотою осі візування)?
12. Як обчислюють нев'язки в перевищеннях замкнутого і розімкнутого нівелірних ходів?
13. Від яких факторів залежить глибина закладання в ґрунт труб газопроводу?
14. Як визначають висоту будь-якої точки профілю земної поверхні?

## Список джерел

1. Перфилов, В.Ф. Геодезия: Учеб. для вузов/ В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогорева, Н.В. Усова. – 2-е изд, перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2006. – 355 с.
2. Войтенко, С.П. Інженерна геодезія: підручник //С.П. Войтенко. - К: Знання, 2009.
3. Курс инженерной геодезии: Учебник для вузов / Под ред. В.Е. Новака – М.: Недра, 1989.
4. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001.
5. Російсько-український тлумачний словник основних термінів та понять з геодезії /Укл. Новицький В.В.- Харків : ХПМГ, 1993.
6. ДСТУ 2756-94. Геодезія. Терміни та визначення. К.: Держстандарт України, 1994.
7. ДСТУ 2757-94. Картографія. Терміни та визначення. К.: Держстандарт України, 1994.

Додаток А  
Поздовжній профіль газопроводу



*Навчальне видання*

Методичні вказівки  
до виконання розрахунково-графічних робіт  
з дисципліни

## **ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ**

*(для студентів 1 курсу денної форми навчання напряму підготовки  
6.060101 «Будівництво» спеціальності «Теплогазопостачання і вентиляція»)*

Укладач **ШАУЛЬСЬКИЙ** Дмитро Васильович

Відповідальний за випуск *Д. В. Шаульський*

За авторською редакцією

Комп'ютерний набір *Д. В. Шаульський*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2012, поз.79М

---

Підп. до друку 14.10.2013  
Друк на ризографі  
Зам. №

Формат 60 x 84/16  
Ум. друк. арк. 1,9  
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК №4064 від 12.05.2011 р.